

Pengaruh Temperatur dan Katalis Lempung Aktif Pada Pengolahan Sampah Plastik Jenis *Polypropylene* dengan Metode Pirolisis

Idries Hamidi Shaleh¹⁾, Syarfi Daud²⁾, Bahrudin³⁾

¹⁾Mahasiswa Teknik Lingkungan ²⁾Dosen Teknik Lingkungan ³⁾Dosen Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus BinaWidya, Jl. HR Soebrantas, Km.12,5, Pekanbaru
Email : idrieshamidi@gmail.com

ABSTRACT

The increasing amounts of plastic wastes generate enormous environmental problems because its nonbiodegradable properties. Various attempts have been done to reduce plastic waste. One of the way to reuse the plastic waste is converted to the liquid fuel by pyrolysis process. Pyrolysis, while can decomposed plastic safely, its product can be alternative source of fuel. The purpose of this study is to observe the effect of process variable (process temperature and active clay catalyst) for yield form polypropylene plastic and generated pyrolysis liquid fuel characterization. The pyrolysis process was carried out at 300 °C, 350 °C, 400 °C and variation of active clay catalyst to 0.5%, 1%, 1.5% and non-catalyst for polypropylene plastic and with reaction time of 120 min. The results of this study resulted in the highest yield of 65.86% at 400°C and 1.5% active clay catalyst. Characterization of pyrolysis liquid fuel of density 0,784 gram / ml, kinematic viscosity 2,956 cSt, flash point 49 °C and caloric value 46,815 MJ/ kg.

Keyword : *pyrolysis, active clay, polypropylene, pyrolysis liquid fuel*

PENDAHULUAN

Plastik sudah menjadi bagian penting dalam kehidupan manusia. Ketergantungan terhadap plastik didalam kehidupan sehari-hari, baik dalam kebutuhan rumah tangga maupun industri dapat menimbulkan permasalahan yaitu semakin meningkatnya jumlah sampah plastik.

Plastik dilihat sebagai masalah lingkungan dan kesehatan yang serius, khususnya pemanfaatan plastik sekali pakai. Penggunaan plastik memiliki keunggulannya dibanding dengan memakai bahan lainnya yaitu dalam hal

bentuknya yang fleksibel, berbobot ringan, tidak mudah pecah, bersifat transparan, mudah diberi label dan dibuat dalam aneka warna. Plastik jenis *Polypropylene* adalah jenis plastik yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena memiliki sifat mekanis yang baik dengan massa jenis yang rendah, ketahanan panas dan kelembaban, serta memiliki kestabilan dimensi yang baik (Maryudi dan Setyawan, 2014).

Berbagai usaha untuk menekan pertumbuhan sampah plastik telah

dilakukan. Namun usaha itu tidak sepenuhnya berhasil, oleh sebab itu dibutuhkan suatu cara lain dalam mereduksi sampah plastik. Teknologi daur ulang sampah plastik saat ini memiliki beberapa alternatif diantaranya adalah dengan teknologi daur ulang *thermochemical* atau biasa dikenal dengan pirolisis. Pirolisis merupakan dekomposisi bahan organik secara termokimia pada temperatur tinggi tanpa menggunakan oksigen serta menyebabkan perubahan pada komposisi baik fisik maupun kimiawi. Teknologi pirolisis ini berbeda dengan proses pembakaran, terutama pada gas buang yang dihasilkan. Gas buang yang dipancarkan akan menghasilkan produk berupa minyak, yang dapat digunakan sebagai bahan bakar atau bahan yang baku diindustri (Achilias, dkk., 2008).

Proses pirolisis dapat dilakukan penambahan katalis. Katalis memegang peranan penting dalam kualitas hidrokarbon yang dihasilkan. Katalis digunakan untuk menurunkan energi yang terjadi pada proses pembakaran, katalis juga berperan untuk menurunkan konsentrasi klorida (Cl) yang ada pada cairan yang terbentuk sebagai hasil produk pembakaran (Ermawati, 2011). Katalis yang ditambahkan adalah lempung. Lempung merupakan salah satu kekayaan Indonesia yang berlimpah dan belum dimanfaatkan secara optimal. Pemilihan lempung sebagai katalis dikarenakan struktur lempung yang mempunyai pori lebih besar dibandingkan zeolit, stabilitas termal tinggi, luas permukaan lebih luas, dan aktivitas katalitik yang baik (Samosir, dkk., 2012).

Meningkatnya timbulan sampah plastik dan melihat besarnya potensi daerah yang kaya akan mineral lempung, maka perlu dilakukan suatu inovasi yang dapat mengurangi dan selanjutnya mengolah timbulan sampah plastik menjadi salah satu energi alternatif dengan menggunakan proses pirolisis, sehingga sampah plastik tidak akan mengakibatkan pencemaran dilingkungan.

METODOLOGI

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah plastik jenis *Polypropylene* (PP), katalis lempung yang telah diaktivasi dan aquades.

A. Variabel Penelitian

Variabel Tetap

Variabel tetap yang digunakan yaitu Ukuran plastik *polypropylene*, Berat plastik 200 gram, Ukuran partikel lempung -100+200 mesh dan Waktu reaksi 120 menit.

Variabel Berubah

- Temperatur reaksi : 300 °C ,350 °C dan 400 °C.
- Rasio katalis/plastik : 0,5 ; 1 ; 1,5 (% berat) dan tanpa katalis (sebagai kontrol).

B. Prosedur Penelitian

Persiapan Bahan Baku Plastik

Pada tahap ini bahan baku plastik jenis *Polypropylene* (PP) didapat dari pengumpulan sampah yang dibuang oleh masyarakat. Plastik yang telah terkumpul, lalu dibersihkan terlebih

dahulu, dicuci, dan dikeringkan dengan bantuan sinar matahari, setelah kering, selanjutnya ukuran plastik tersebut dipotong atau diperkecil ukurannya sebesar $\pm 1 \times 1$ cm.

Aktivasi Katalis Lempung

Tahap pertama lempung digerus untuk memperkecil ukuran, kemudian diayak dengan ukuran -100+200 mesh. Proses aktivasi lempung dengan cara mencampur lempung sebanyak 150 gr dalam larutan H_2SO_4 1,2 M sebanyak 500 ml selama 6 jam pada suhu 60°C sambil diaduk dengan motor pengaduk dengan kecepatan 60 rpm pada reaktor alas datar volume 1 liter, kemudian sampel tersebut didiamkan selama 16 jam yang selanjutnya disaring dan dicuci berulang kali dengan menggunakan aquades sampai tidak ada ion SO_4^{2-} yang terdeteksi BaCl_2 . Jika lempung cucian masih berwarna putih keruh ketika dicuci dengan aquades berarti lempung masih terdapat ion SO_4^{2-} . Hasil cucian berupa cake dikeringkan pada suhu 120°C selama 4 jam dalam oven. Tahap aktivasi selanjutnya meliputi kalsinasi. proses kalsinasi dilakukan didalam *furnace* pada suhu 500°C selama 5 jam.

Penelitian Utama

Proses pirolisis dimulai dari mengatur temperatur pada suhu 300°C , lalu masukan sebanyak 200gr plastik *Polypropylene* (PP) dan katalis lempung aktif yang telah dipersiapkan, sesuai variasi perbandingannya selama 120 menit. Pada proses pirolisis, plastik yang dipanaskan akan meleleh dan akan menghasilkan uap dan uap tersebut akan

didinginkan dengan kondensor agar berubah menjadi cairan dan cairan tersebut ditampung dalam gelas ukur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Katalis Lempung Aktif

Tabel 1. Hasil Analisa Luas Permukaan Katalis Lempung aktif

Katalis	Luas permukaan (m ² /gr)
Lempung yang belum teraktivasi	1,739
Lempung yang teraktivasi H_2SO_4	2,377
Lempung Kalsinasi	3,479

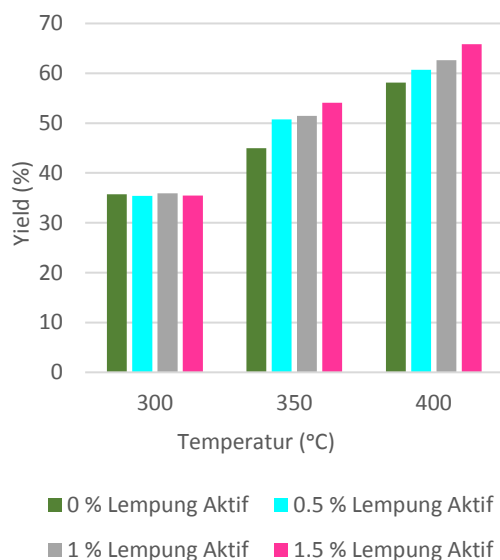
Sumber : Hardi, 2016

Luas permukaan lempung meningkat setelah diaktivasi. Hal ini disebabkan oleh asam yang melarutkan pengotor-pengotor yang menutupi pori-pori lempung sehingga menjadi lebih terbuka. Luas permukaan pada lempung ini akan berakibat pada situs aktif yang semakin banyak dan aktivitas katalis menjadi meningkat. Selain itu, ion-ion seperti Ca, Mg dan Na juga diikat oleh ion SO_4^{2-} . Ion-ion yang berasal dari logam alkali harus dihilangkan karena dapat menyebabkan terjadinya deaktivasi pada katalis dan racun pada katalis (Setyawan dan Handoko, 2002 dalam Febrian, 2016).

Proses aktivasi pada lempung setelah aktivasi secara kimia adalah dengan proses kalsinasi. Kalsinasi pada katalis juga akan meningkatkan luas permukaan. Katalis yang dikalsinasi

pada temperatur tinggi dapat merenggangkan pori-pori sehingga gas nitrogen dapat menembus pori-pori kecil yang ditempati oleh pengotor-pengotor organik dan dapat mendesaknya keluar dari bahan lempung (Suroño, dkk., 2011 dalam Febrian, 2016).

B. Pengaruh Variasi Temperatur dan Persentase Katalis Lempung Aktif Terhadap Persen Yield



Gambar 1 Pengaruh Temperatur Terhadap Yield (%) Liquid

Pengaruh temperatur Terhadap persen *yield* pada Gambar 1 menunjukkan *yield* yang dihasilkan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya temperatur. Pengaruh temperatur dari masing-masing berat katalis lempung aktif/plastik PP memiliki perbandingan kurva hubungan yang sama, yaitu semakin meningkat temperatur reaksi, maka semakin meningkat juga *yield*

produk yang dihasilkan. *Yield* tertinggi yang diperoleh pada temperatur 300°C adalah 35,95%; pada temperatur 350°C dengan *yield* 54,08% dan pada temperatur 400°C dengan *yield* 65,86%.

Peningkatan *yield* yang signifikan ini disebabkan oleh semakin meningkatnya temperatur dan pemberian katalis yang digunakan, peningkatan temperatur reaksi akan mempercepat proses perengkahan hidrokarbon dengan rantai karbon panjang menjadi hidrokarbon dengan rantai panjang. Hal ini sesuai dengan pernyataan Housmand, dkk (2013) yang menjelaskan bahwa dengan meningkatnya temperatur yang digunakan pada proses pirolisis, maka akan semakin banyak ikatan (rantai hidrokarbon) yang terputus sehingga *yield* juga semakin banyak. Kenaikan *yield* produk ini dapat diartikan sebagai meningkatnya reaksi perengkahan (dekomposisi) yang terjadi. Suatu reaksi perengkahan adalah reaksi endotermis dimana reaksi ini melibatkan proses pemutusan rantai hidrokarbon, sehingga proses untuk memutuskan suatu ikatan diperlukan suatu energi panas yang besar (Harefa, 2013).

Berdasarkan hasil penelitian, *yield* tertinggi yang dihasilkan yaitu pada pemberian persen katalis 1,5% katalis lempung aktif. Hal ini disebabkan karena katalis lempung aktif memberikan pengaruh yang baik dalam mempercepat reaksi, ini sesuai dengan Cleetus (2013), yang menyatakan pirolisis plastik dengan katalis secara signifikan akan mengurangi temperatur pirolisis dan mempercepat reaksi dari

pemecahan rantai polimer dibandingkan tanpa menggunakan katalis.

Peningkatan jumlah katalis akan meningkatkan *yield* sampai batas tertentu, dimana peningkatan jumlah katalis lebih lanjut tidak memberikan peningkatan berarti terhadap konversi. Berdasarkan teori Arrhenius, yang menyatakan bahwa katalis dapat mempercepat laju reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi, hal ini disebabkan karena energi aktivasi berbanding terbalik dengan konstanta laju reaksi dan nilai konstanta laju reaksi berbanding lurus dengan kecepatan suatu reaksi, jadi semakin besar kecepatan reaksi maka semakin meningkat pula produk yang dihasilkan. Akan tetapi pada temperatur 300°C, katalis yang diberikan tidak menunjukkan efekifitas yang baik dikarenakan *yield* yang dihasilkan tidak terlalu berpengaruh, hal ini disebabkan karena katalis lempung aktif pada temperatur tersebut, situs-situs aktif pada katalis tidak aktif.

Kadar katalis yang digunakan erat kaitannya dengan jumlah situs aktif suatu katalis. Situs aktif adalah tempat terjadinya reaksi pada katalis. Semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka semakin banyak dan luas situs aktifnya. Sehingga kemungkinan reaktan untuk bereaksi dengan katalis akan lebih besar dan dapat meningkatkan *yield* yang dihasilkan. Xu (2012) menjelaskan bahwa dengan adanya katalis dapat mengdekomposisi makromolekul menjadi molekul atau komponen yang lebih kecil, sehingga akan membentuk berbagai jenis senyawa sebagai bahan penyusun

minyak pirolisis. Bahan penyusun utama dari minyak pirolisis adalah senyawa olefin (Sibarani, 2012).

C. Karakterisasi *Pyrolysis Liquid Fuel*

Pyrolysis liquid fuel yang diperoleh dari hasil pirolisis plastik *polypropylene* menggunakan katalis lempung aktif selanjutnya dilakukan analisa antara lain penentuan densitas, viskositas, titik nyala, dan nilai kalor. Perbandingan antara hasil karakterisasi *pyrolysis liquid fuel* dari plastik *polypropylene* menggunakan katalis lempung aktif dengan persen pemberian katalis sebanyak 1,5% terhadap berat plastik yang dihasilkan dapat disesuaikan dengan standar mutu bahan bakar Indonesia (SNI 7390:2008) dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Perbandingan karakterisasi *pyrolysis liquid fuel*

Karakteristik	SNI 7390:2008		PLF
	Min	Maks	
Densitas (gr/ml)	0,82	0,85	0,784
Viskositas kinematik (cSt)	2	4,5	2,956
Titik Nyala (°C)	55	-	49
Nilai Kalor (MJ/kg)	-	24,418	46,815

Nilai densitas dan nilai titik nyala PLF (*pyrolysis liquid fuel*) yang didapat berada dibawah standar mutu bahan bakar Indonesia (SNI 7390:2008),

karena temperatur yang digunakan semakin tinggi yang disebabkan semakin ringgannya berat molekul komponen penyusun *pyrolysis liquid fuel* tersebut. Sedangkan viskositas kinematik dan nilai kalor yang didapatkan berada direntang dari standar yang telah ditetapkan.

SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

1. *Yield* cair tertinggi yang dihasilkan adalah 65,86%, dengan temperatur 400°C dan pemberian katalis 1,5%. *Yield* cair terendah yang dihasilkan adalah 35,42%. dengan temperatur 300°C dan pemberian katalis 0,5%.
2. *Yield* cair yang diperoleh semakin meningkat karena meningkatnya temperatur reaksi dan penambahan jumlah katalis pada proses pirolisis.
3. Karakteristik *pyrolysis liquid fuel* memiliki densitas 0,784 gr/ml, spesifik gravity 0,7901, dan titik nyala 49°C yang berada dibawah standar mutu bahan bakar Indonesia (SNI 7390:2008) dan viskositas kinematik dengan nilai 2,956 cSt dan nilai kalor 46,815 MJ/Kg berada sesuai standar SNI 7390:2008.

B. Simpulan

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut terhadap plastik *polypropylene* dengan variasi temperatur yang lebih tinggi agar diketahui batas tertinggi yield yang dapat dihasilkan.
2. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut pada variasi pemberian katalis lempung aktif guna untuk melihat

efektivitas katalis dalam proses pirolisis plastik *polypropylene*.

3. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut dengan bahan baku lainnya dan dengan tipe reaktor yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Achilias, D.S., Antonakou, E., Roupakias, C., Megalokonomos, P., dan Lappas, A. 2008. Recycling Techniques of Polyolefins from Plastic Wastes. *Global Nest Journal*, 10, 114-122.
- Cleetus, C., Thomas, S., Varghese, S. 2013. Synthesis of Petroleum- Based Fuel from Waste Plastics and Performance Analysis in a CI Engine. *Journal of Energy*, 1-10
- Ermawati, Rahyani. 2011. Konversi Limbah Plastik Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Riset Industri*, 3, 257-263.
- Febrian, Ramadhoni. 2016. Pirolisis Kulit Kayu Pinus Merkusi Menjadi Bio-Oil Menggunakan Katalis Cr/Lempung. *Skripsi*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Hardi, Riska. 2016. Konversi Termal Kayu Akasia (*Acacia Mangium*) Menjadi Bio-Oil dengan Proses Pirolisis Menggunakan Katalis Ni/Lempung. *Skripsi*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.
- Harefa, Handra. 2013. Perengkahan Palm Fatty Acid Distillate (PFAD) Menjadi Alkane Cair Menggunakan Katalis Ni/ Zeolit dengan Variasi

Temperatur Reaksi dan Nisbah Berat Katalis/PFAD. *Skripsi*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.

Maryudi., dan Setyawan, M. 2014. Karakterisasi Sampah Plastik Pembungkus Terseleksi Untuk Proses Pirolisis. *Prosiding Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT)* 2. K39-K43.

Samosir, A, Bahri, S, dan Aman. 2012. Pirolisis Limbah Pelepah Sawit Menjadi Bio Oil Menggunakan Ni.Mo/Lempung Cengar. *Skripsi*, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru.

Sibarani, Kezia. 2012. Preparasi, Karakterisasi, dan Uji Aktifitas Katalis Ni-Cr/Zeolit Alam Pada Proses Perengkahan Limbah Plastik Menjadi Fraksi Bensin, *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok.

Standar Mutu Bahan Bakar Indonesia. SNI 7390:2008. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.